

2. Мазур В. Л., Скороход А. Б. Конкурентные позиции предприятий горно-металлургического комплекса Украины // Экономика Украины. – 2009. – № 3. – С. 4-18.
3. Мазур В. Л., Рябов А. И., Мазур В. В. Тепло- и энергосбережение в металлургии. Задачи, решения, перспективы // Экология и пром-сть. – 2008. – № 2. – С. 51-55.
4. Мазур В. Л., Рябов А. И., Мазур В. В. Рациональные направления тепло- и энергосбережения при производстве проката // Пр-во проката. – 2009. – № 1. – С. 34-36.
5. Мазур В. Л., Рябов А. И., Мазур В. В. Проблемы теплосбережения и теплоизоляции в металлургии и пути их решения // Металлургическая и горнорудная пром-сть. – 2005. – № 1. – С. 68-71.
6. Мазур В. Л., Рябов А. И., Мазур В. В. «Мягкие» огнеупоры – эффективный путь тепло- и энергосбережения в металлургии // Металлургическая и горнорудная пром-сть. – 2008. – № 2. – С. 82-86.
7. Николаев О. Н., Федоренко Г. Н., Тетерин А. П. Использование огнеупорных волокнистых материалов для футеровки борова термических роликовых печей // Металлург. – 2004. – № 7. – С. 55-56.
8. Муриков М. А., Носовец А. И., Носовец В. М. и др. Использование теплозащитных крышек для сталеразливочных ковшей на РУП «БМЗ» // Литье и металлургия. – 2008. – № 1. – С. 28-30.
9. Мазур В. Л., Рябов А. И., Мазур В. В. Производственный опыт теплоизоляции высокотемпературных агрегатов в металлургии // Металлургическая и горнорудная пром-сть. – 2009. – № 3. – С. 131-134.

## Summary

V. Masur, A. Rjabov, V. Masur

### Energy economy, thermal insulation, «soft» refractories

The application of high temperature refractory materials and products from mullite-siliceous fibers for liming of melting and heat aggregates permits to increase efficiency, essentially energy costs on making of production in different field of industry. The advantages and examples of application such refractories of Ukraine and Russia were showed.

## Анотація

В. Л. Мазур, А. І. Рябов, В. В. Мазур

### Енергозбереження, теплоізоляція, «м'які» вогнетриви

Застосування високотемпературних вогнетривких матеріалів і виробів із мулітокремнеземистого волокна для футерівки плавильних теплових агрегатів дозволяє підвищити їх продуктивність, істотно зменшити енергетичні витрати на виробництво продукції в різних галузях промисловості. Показані переваги і приклади використання таких вогнетривів на підприємствах України та Росії.

## Ключевые слова

Промышленность, теплосбережение, теплоизоляция, футеровка, муллитокремнеземистое волокно, производственный опыт

УДК 621.746.32

А. В. Пашенко (ОАО «Алчевский металлургический комбинат»)

## Выбор типа теплоизолирующих смесей и разработка технологии утепления зеркала металла в стальковше в условиях ОАО «АМК»

Современная технология разлива стали, особенно при использовании МНЛЗ, выдвигает задачу снижения тепловых потерь металла во время его нахождения в сталеразливочном ковше в процессе выдержки и разлива. Известно, что шлак на поверхности металла имеет недостаточные теплоизоляционные свойства, приводит к

освещены вопросы выбора типа и отработки технологии использования теплоизолирующих смесей разного химического состава

рефосфации и ресульфурации металла в ковше, вызывает повышенную эрозию футеровки в работе шлакового пояса. Поэтому необходима замена шлака инертной теплоизолирующей смесью [1].

Кроме того, отсутствие эффективной теплоизоляции поверхности металла в сталеразливочных и промежуточных ковшах из-за высоких потерь тепла приводило к ухудшению разливаемости стали, возрастанию отходов металла в виде скрапа на дне ковша, удалению скрапа и настывлей, образующихся из-за замораживания на футеровку, ее разрушению и снижению стойкости ковшей [2].

Поэтому для компенсации потерь тепла шли на дополнительный перегрев металла в сталеплавильном агрегате, что ведет к перерасходу металлошихты вследствие «передува» плавки, снижению стойкости сталеплавильного агрегата и потере производительности. В таких условиях оптимальным является метод снижения потерь тепла путем теплоизоляции зеркала металла в стальковше.

Для утепления зеркала металла в стальковше теплоизолирующие смеси должны отвечать следующим требованиям:

- обладать универсальностью, обеспечивать стабильную теплоизоляцию металла, начиная от выпуска металла из сталеплавильного агрегата до окончания разливки плавки;

- быть нейтральными по отношению к футеровке ковша и огнеупорному припасу; быть пассивными по отношению к металлу и обладать достаточной емкостью относительно всплывающих неметаллических включений в процессе разливки;

- иметь стабильные технологические свойства, сохранять их при хранении;

- сырье и материалы для их изготовления должны быть дешевыми и доступными.

С пуском первой очереди объектов реконструкции в августе 2005 г. на ОАО «АМК» в сталеплавильном цехе изменилась технологическая схема разливки стали. Выплавляемая сталь (60 % от общего производства) разливалась на МНЛЗ. Технологическая цепочка производства представляет собой следующий вариант: сталь выплавляется в двух ДСПА (двухванный сталеплавильный агрегат). После выпуска в стальковш с основной футеровкой переливается на специальном участке из ковша в ковш через два шиберных затвора. Затем, после перелива металл транспортируется посредством сталевоза на установку «ковш-печь» для внепечной обработки и дальнейшей разливки на МНЛЗ № 1.

Время от окончания выпуска металла из сталеплавильного агрегата до начала обработки на У КП составляет 50-60 мин. Происходит значительное падение температуры, так как во время перелива падение температуры составляет 80-100 °С, потери металла идут и дальше, во время транспортировки. Так перед выпуском температура металла в печи составляет 1640-1650 °С, после перелива – 1550-1560; с приходом на У КП темпера-

тура равна 1520-1530 °С. Естественно, возникает вопрос о вариантах об обработке варианта утепления металла в стальковше.

Согласно разработанной на комбинате «Комплексной программы работ по улучшению качества непрерывнолитых заготовок и снижению затрат на их производство» был проведен ряд работ по выбору оптимального варианта утепления металла в ковше после окончания перелива и обработки на У КП. При выборе варианта теплоизолирующей смеси исходили из следующего: смесь должна обладать высокими теплоизолирующими свойствами и низким содержанием углерода; должно быть минимальное выделение пыли и дыма при вводе в ковш; присутствовать технологичность ввода; нейтральное воздействие на футеровку ковша и сохранение жидкого активного шлака на поверхности металла при поступлении ковша на установку «ковш-печь».

Исходя из приведенного анализа различных свойств видов теплоизолирующих смесей, предъявляемых требований и опытного опробования различных вариантов утепления металла в сталеразливочных ковшах, был выбран вариант смеси ЗКВ-2 (стальковш) по ТУ У 13508970-005-2001. Опытная партия смеси имела следующие показатели, %: С – 7,8; SiO<sub>2</sub> – 18,1; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 22,6; CaO – 22,4 и была расфасована в разовые контейнеры по 300 кг. При этом снижение порции смеси представляло собой активную часть, содержащую определенное количество алюминия и повышенную долю Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, верхние слои смеси – пассивная часть, обеспечивающая теплоизоляцию. Смесь вводили в ковш после окончания перелива и выполнения вспомогательных технологических операций (отбор проб, замер температуры). После ввода смеси наблюдалось хорошее растекание смеси по всему зеркалу металла, которое закрывало всю поверхность ровным слоем. Сразу после ввода смеси наблюдалось незначительное выделение белого дыма, что является следствием сторания алюминия, содержащегося в смеси. На опытных плавках с опытной смесью шлак в ковше оставался не затвердевшим до У КП и при начале первого нагрева электроды легко опускались и проходили через шлак.

В табл. № 1 и 2 приведены показатели работы У КП при утеплении металла после перелива теплоизолирующей смесью ЗКВ-2 (стальковш) – опытные плавки и без утепления металла в ковше – сравнительные плавки. Все ковши на опытных плавках накрывались крышкой. На плавках без утепления теплоизолирующей смесью замер температуры металла не производился после их прибытия на У КП по причине образования твердой «шлаковой крыши» на поверхности металла. За время от замера температуры после перелива до прибытия ковша на У КП температура металла на опытных плавках снижалась, в среднем, на 125 °С при средней скорости охлажде-

Таблица 1

## Показатели работы установки «ковш-печь» при утеплении металла в ковше смесью ЗКВ-2 (сталь-ковш)

№ плавки	Марка стали	Время замера	Температура металла, °С	Масса металла, т	Температура металла на УКП, °С	Время замера на УКП	ΔТ, °С	[Al], %	ΣAl мет., кг/т	Al флюс, кг/т	[S], %
801141	A515-70	8:24	1534	306,20	1514	8:56	20	0,024	0,361	-	0,006
801142	A36	12:39	1531	306,20	1516	13:09	15	0,039	0,302	-	0,006
801143	A36	16:48	1537	294,52	1521	17:29	16	0,040	0,410	-	0,004
801144	1012	20:50	1547	301,15	1531	21:31	16	0,041	0,908	-	0,013
831145	A36	10:36	1540	309,10	1537	11:18	3	0,042	0,370	-	0,007
831146	A36	14:53	1538	293,33	1546	15:53	-	0,039	0,369	-	0,004
831147	1012	19:00	1540	298,78	1530	19:33	10	0,043	0,962	-	0,009
911058	A36	13:29	1535	304,50	1514	14:11	21	0,041	0,369	-	0,004
911059	1012	17:55	1534	302,44	1520	18:40	14	0,041	0,801	-	0,011
911060	1012	22:01	1544	301,85	1534	22:53	-	0,043	0,959	-	0,007
921083	1012	7:31	1544	307,29	1538	8:13	6	0,043	0,606	-	0,012
921084	A36	11:25	1530	299,70	1522	12:14	8	0,045	0,419	-	0,004
921085	A36	15:51	1519	304,62	1514	16:27	5	0,045	0,352	-	0,006
921086	1012	19:51	1544	305,41	1528	20:34	16	0,051	0,496	-	0,015
<b>среднее</b>							<b>12,5</b>	<b>0,041</b>	<b>0,548</b>	-	<b>0,008</b>

ния 0,36 °С/мин. При этом результаты предыдущих исследований свидетельствуют, что металл в ковше без дополнительного утепления и при наличии крышки охлаждается со скоростью 1 °С/мин. Следовательно, утепление металла смесью ЗКВ-2 (сталь-ковш) с расходом 1 кг/т позволяет снизить скорость падения температуры металла в ковше после перелива почти в три раза и сохранить шлак в сталь-ковше в жидкоподвижном состоянии до прихода плавки на УКП.

Опытные и сравнительные плавки были проведены на различных марках стали с использованием разных теплоизолирующих смесей. При утеплении

металла смесью ЗКВ-2 (в сталь-ковше) снижается окисленность шлака (FeO) ниже на 2,1 % абс., (1,55 против 3,65 %), существенно ниже массовая доля (MnO) в 3,7 раза (0,76 против 2,82 %) и выше содержание серы в шлаке в 6,8 раз (1,03 против 0,164 %). Это свидетельствует о том, что при дополнительном утеплении металла смесью за время от окончания перелива до прихода на УКП за счет сохранения температуры металла и шлака формируется активный шлак и идут процессы рафинирования металла. Параллельно с этим отработывалась технология и определялся тип смеси для теплоизоляции металла после обработки на установке «ковш-печь».

Таблица 2

## Показатели работы установки «ковш-печь» без утепления металла в ковше

№ плавки	Марка стали	Время замера	Температура металла, °С	Масса металла, т	[Al], %	ΣAl мет., кг/т	Al флюс, кг/т	[S], %
801032	C061TM	5:30	1551	299,27	0,046	0,320	-	0,013
801036	C071TM	23:44	1549	295,81	0,042	0,976	210	0,014
801037	C071TM	3:34	1565	293,53	0,048	0,706	-	0,018
801038	S235JRG	7:43	1541	297,00	0,043	Н.о	-	0,003
831040	C071TM	1:37	1556	303,93	0,048	0,572	420	0,013
831041	C071TM	5:25	1562	282,44	0,047	0,505	-	0,011
831042	S235JRG	9:30	1540	282,64	0,041	0,375	-	0,007
831043	S235JRG	14:22	1551	303,33	0,041	0,629	-	0,005
910957	C071TM	16:14	1542	296,40	0,035	0,855	-	0,013
910958	C071TM	20:44	1550	289,97	0,058	1,735	-	0,003
910960	C071TM	4:35	1564	291,15	0,044	0,729	-	0,014
920983	C071TM	18:53	1535	287,79	0,051	1,398	330	0,011
920984	C071TM	22:40	1547	284,92	0,044	1,454	-	0,008
920985	C071TM	2:35	1551	298,08	0,037	0,606	-	0,009
920986	C071TM	6:22	1553	290,86	0,043	0,750	-	0,008
<b>среднее</b>					<b>0,044</b>	<b>0,829</b>	<b>64</b>	<b>0,010</b>

Требования, предъявляемые к теплоизолирующей смеси для утепления металла после окончания обработки, в основном, идентичны (описаны выше) смеси, предназначенной для утепления металла после перелива. Исходя из требований для защиты металла в ковше, после его обработки на УКП был предложен вариант смеси теплоизолирующей марки ЗКВ (ТУ У 13508970-005-2001).

В ЦНРС (цех непрерывной разливки стали) комбината было опробовано 4 варианта смеси: ЗКВ-1, ЗКВ-2, ЗКВ-3, ЗКВ-10. При этом смесь ЗКВ-2\* была с низким содержанием углерода ( $C_{св.} < 8 \%$ ), остальные варианты – с массовой долей углерода от 20 до 30 %. По визуальному наблюдению высокоуглеродистые смеси (ЗКВ-1\*, ЗКВ-3\*, ЗКВ-10) при вводе их в ковш хорошо растекались по поверхности металла, закрывая ее ровным слоем. Горение и пылевыведение было менее интенсивным, чем при применении

смеси ТИС-2. Расход смеси при проведении опытных плавов составил 0,6-1,0 кг/т, что ниже требования ТИ (1,0-2,0 кг/т). В отдельных случаях, при отборе проб металла после дачи смеси, отмечено повышение массовой доли углерода в стали на 0,02-0,03 %, при этом его содержание не превышало допустимого предела.

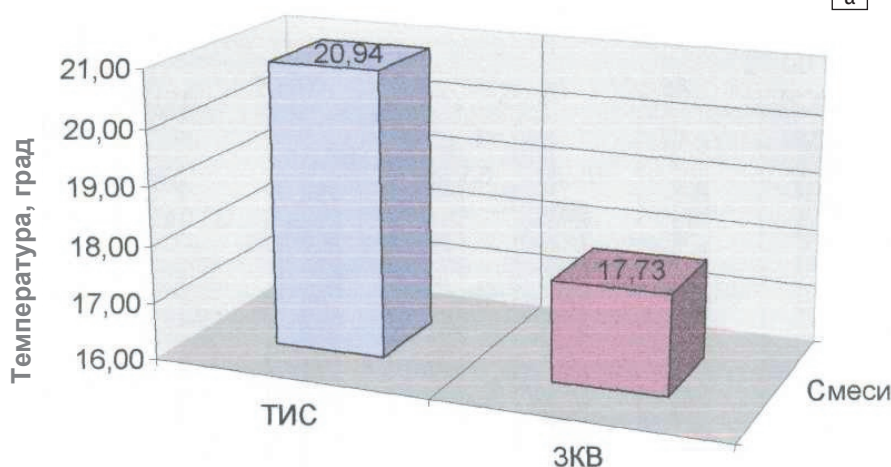
При вводе на поверхность металла теплоизолирующей смеси ЗКВ-2\* с низким содержанием углерода она так же хорошо растекалась, образуя равномерный слой при меньшем пылевыведении и горении, чем при применении ТИС-2. Случаев науглероживания металла при использовании ЗКВ-2\* не отмечено. В процессе опытного опробования установлено, что эффективное утепление металла после обработки на УКП обеспечивается при расходе смеси на уровне 1 кг/т. После окончания разливки плавки на МНЛЗ № 1 в ковше на шлаке сохраняется слой рыхлой неспекшейся смеси, что говорит о высоких теплоизолирующих свойствах смеси. После кантования шлака дно ковша остается чистым.

Характеристика теплоизолирующих свойств смесей, оцененная по результатам замеров температуры металла в промковше приведена в табл. № 1 (серия из 8 плавов).

Во время расхода теплоизолирующей смеси не менее 1 кг/т перепад температуры от момента введения смеси на УКП до разливки 150 т стали на МНЛЗ № 1 не превышает 20 °С, при этом лучшими теплоизолирующими свойствами обладают смеси с повышенным содержанием углерода. Исходя из полученных результатов, по сумме показателей утепления и отсутствия науглероживания металла, для промышленного использования по утеплению металла в сталеразливочном ковше после обработки на УКП рекомендована смесь марки ЗКВ-2(КП) по ТУ У 13508970-005-2001.

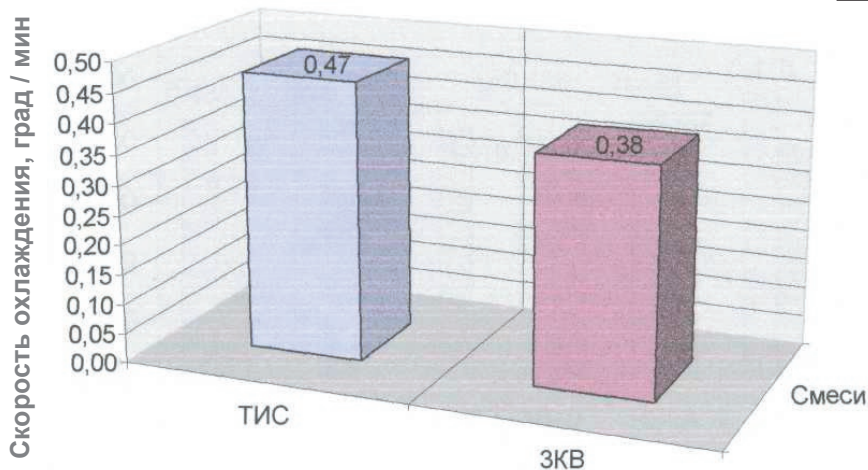
Для сравнения были взяты плавки, утепленные на УКП смесями ТИС-2 и ЗКВ. Расход смесей составил 1 кг/т стали. Сравнительный анализ результатов использования теплоизолирующих смесей для защиты зеркала металла после окончания обработки на УКП говорит о том, что при расходе смесей

Сравнительная диаграмма падения температур



а

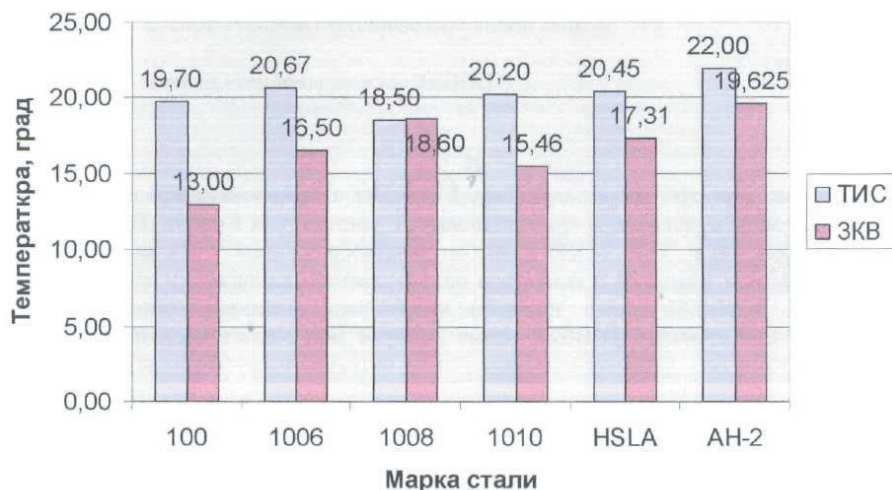
Сравнительная диаграмма скорости охлаждения



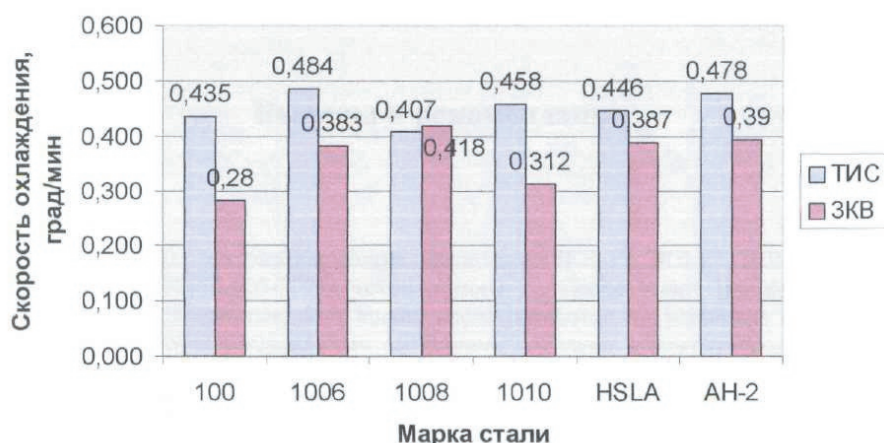
б

Рис. 1. Сравнительные диаграммы падения температуры (а) и скорости охлаждения (б) металла в стальковше при применении различных теплоизолирующих смесей

### Среднее падение температур



### Средняя скорость охлаждения



### Выводы

а

Опробование теплоизолирующей смеси марки ЗКВ-2 (сталь-ковш) для утепления металла и шлака в ковше после перелива показало, что данный материал технологичен при вводе в ковш, полностью растекается по поверхности шлака. При расходе смеси ЗКВ-2 (сталь-ковш) 1 кг/т скорость охлаждения металла составила 0,36 °С/мин, что почти в три раза ниже в сравнении с вариантом без утепления металла.

б

Наличие активной составляющей в смеси алюминия и повышенное содержание в ней оксида алюминия обеспечивает формирование активного шлака и предотвращает его затвердевание во время транспортировки после перелива на УКП. Окисленность шлака (FeO) в варианте с утеплением в 2,35 раза ниже, чем без утепления, а массовая доля серы в шлаке соответственно в 6,28 раза выше.

Проведение испытаний теплоизолирующих смесей марок ЗКВ-1\*, ЗКВ-2\*, ЗКВ-3\*, ЗКВ-10 показало их технологичность, хорошую теплоизоляцию металла в сталь-ковше после обработки металла на УКП. Смесей типа ЗК-1\*, ЗК-3\*, ЗКВ-10 обладают лучшими теплоизолирующими свойствами, но на отдельных плавках при применении отмечено повышение

содержания углерода в металле на 0,02-0,03 %. Использование ЗКВ-2\* к науглероживанию металла не приводит, но обеспечивает необходимый уровень утепления.

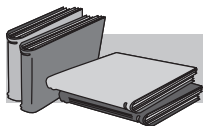
Сравнительный анализ результатов применения теплоизолирующих смесей ТИС-2 (НПП «Техмет») и ЗКВ(КП) (НПКП «Солотвин») для утепления металла после окончания обработки на УКП показывает, что при одинаковом расходе смесей 1 кг/т среднее значение падения температур за время от ввода смеси до разливки 150 т металла на МНЛЗ № 1 составило: при ТИС-2 – 20 °С, а при ЗКВ (КП) – 17,73. Скорость охлаждения соответственно составила 0,46 и 0,38 °С/мин. Также при применении ЗКВ (КП) отмечено меньшее пылевыведение, чем при применении ТИС-2. Теплоизолирующие смеси ЗКВ (сталь-ковш) и ЗКВ(КП) взяты для промышленного использования на участке перелива и УКП для утепления зеркала металла в сталеразливочном ковше.

**Рис. 2.** Сравнительные показатели среднего падения температуры (а) и средней скорости охлаждения (б) металла в стальковше для различных марок стали при использовании теплоизолирующих смесей ТИС-2 и ЗКВ(КП)

ТИС-2 и ЗКВ (КП) около 1 кг/т, среднее значение падения температур за период от ввода смеси до разливки 150 т металла на МНЛЗ № 1 составило: по смеси ТИС-2 – 20 °С, а по смеси ЗКВ(КП) – 17,73. Скорость охлаждения соответственно составила 0,46 и 0,38 °С/мин. Следовательно, лучшими теплоизолирующими свойствами обладает смесь ЗКВ (КП). Также отмечено, что пылевыведение при применении ЗКВ (КП) меньше, чем при использовании ТИС-2.

На рис. 1 представлены сравнительные диаграммы падения температур и скорости охлаждения металла в сталь-ковше при применении различных теплоизолирующих смесей.

На рис. 2 представлены сравнительные показатели падения температур и скорости охлаждения металла в сталь-ковше для различных марок стали при использовании теплоизолирующих смесей ТИС-2 и ЗКВ (КП).



## ЛИТЕРАТУРА

1. Теплоизоляция металла в сталеразливочных и промежуточных ковшах МНЛЗ / Ю. В. Климов, А. П. Богун, Д. А. Галинков (ОАО НПП «Техмет», Донецк), Матер. научно-техн. конф. «Азовсталь-99». – С. 26 – 27.

### Summary

A. Pashchenko

Choosing a heat-insulating mixtures and the development of technology insulation of metal mirrors in the casting ladle in Open Joint Stock Company «Alchevsk Iron & Steel Works»

In the report the questions of heat insulation mixtures for bath level in the ladle after tapping and treatment at Ladle Furnace are described, also the technology elaboration.

### Анотація

А. В. Пащенко

Вибір типу теплоізолюючих сумішей та розробка технології утеплення дзеркала металу у сталерозливному ковші в умовах ОАО «АМК»

В роботі висвітлені питання про вибір типу та відпрацювання технології використання теплоізолюючих сумішей різного хімічного складу.

### Ключевые слова

Теплоизолирующая смесь, металл, металлошхта, ковш-печь

## ПРОДОЛЖАЕТСЯ подписка журнала на 2010 год

Для того чтобы подписаться на журнал через редакцию, необходимо направить письмо-запрос или факс в адрес редакции.  
Счет-фактура согласно запросу высылается письмом или по факсу.

**Стоимость одного номера журнала – 28 грн.**  
**Годовая подписка для Украины – 336 грн.**  
**Годовая подписка для зарубежных стран – 90 \$.**

Редакция может предоставить электронную версию журнала.